

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari jurnal-jurnal yang sudah ada dan literatur berkaitan dengan Tugas Akhir yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan alat *monitoring solar cell tracking system* menggunakan *website*.

1. Pada penelitian yang berjudul “*Monitoring Sun Tracking Solar Panel Statis Secara Real-Time Berbasis Website*”. Mikrokontroler dan sensor yang digunakan yaitu arduino uno, ESP32, sensor INA219, sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101b, motor servo, RTC dan menggunakan *website* vscode. Cara kerja alat ini menggunakan dua sistem yaitu panel surya *statis* dan panel surya *tracking* dan tidak menggunakan sensor cahaya melainkan hanya memanfaatkan fungsi dari panel surya sebagai pelacak cahaya matahari mengikuti arah cahaya matahari dan motor servo digunakan sebagai penggerak panel surya. Hasilnya presentase keberhasilan kenaikan arus dan daya dari dua sistem pada alat ini sebesar 7.22% dan 3.05%.
2. Pada penelitian lain yang berjudul “*Rancang Bangun Solar Tracker Dual Axis Panel Surya Berbasis Arduino*”. Mikrokontroler dan sensor yang digunakan yaitu arduino uno R3, NodeMCU ESP8266, *Module step down* DC to DC, Relay, Modul INA219 dan *Module* RTC. Cara kerja alat ini tidak menggunakan sensor cahaya melainkan hanya memanfaatkan fungsi dari panel surya sebagai pelacak cahaya matahari mengikuti arah cahaya matahari. Untuk hasil pengujian *solar tracker dual axis* daya listrik yang dihasilkan tanpa sensor LDR yaitu 34,678 W perhari, dan dengan sensor LDR daya listrik yang dihasilkan yaitu 33,206 W perhari.
3. Pada penelitian lain dengan judul “*Rancang Bangun Dual Axis solar Tracker* menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega2560”. Mikrokontroler dan sensor yang digunakan yaitu Arduino Mega 2560, Sensor Cahaya LDR, Motor *Stepper* dan *Step Down*. Cara kerja alat ini menggunakan sensor LDR dan panel surya bergerak secara *horizontal* atau *vertical* sesuai dengan posisi dapat selalu tegak lurus dengan matahari. Hasilnya Panel Surya dengan Sistem *Tracker* menghasilkan *output* daya rata-rata 12,59 Watt. Sehingga didapatkan

- hasil *Solar Tracking* dapat meningkatkan *output* daya sebesar 1,11 Watt atau 9,66% lebih besar dibandingkan dengan Panel Surya *Statis*.
4. Pada penelitian lain dalam sebuah judul “Rancang Bangun *Monitoring Solar Home System* Berbasis *Internet Of Thing* Pada Komplek Peternakan Kambing Pe Marsudi Luhur”. Mikrokontroler dan sensor yang digunakan yaitu arduino uno R3, sensor tegangan, sensor arus ACS712, sensor intensitas cahaya BH1750, step down 25v-5v, NodeMCU, LCD dan menggunakan aplikasi *blynk*. Cara kerja alat ini menggunakan sensor cahaya sebagai pelacak cahaya matahari mengikuti arah cahaya matahari. Diperoleh hasil persentase error untuk sensor arus, sensor tegangan, dan sensor intensitas cahaya sebesar 1%, 1,4% dan 0,17 %. Hal ini menunjukkan bahwa alat telah dapat bekerja dengan baik karena tidak melebihi batas *error* yaitu 5 %.
 5. Selain jurnal diatas, ada juga jurnal lain dengan judul “*Monitoring Solar Cell Tracking System jarak jauh*”. Mikrokontroler dan sensor yang digunakan yaitu Arduino Mega2560, NodeMCU ESP8266, Sensor Cahaya, Sensor Arus ACS712, Sensor Tegangan Sensor, Motor Servo Motor, relay, modul *voltage regulator* dan menggunakan aplikasi mit App Inverter untuk monitoringnya. Cara kerja alat ini menggunakan 2 buah sensor ldr sebagai pelacak cahaya matahari mengikuti arah cahaya matahari. Penggunaan MiT App Inverter kontrol relay dan *web adafruit* untuk menampilkan grafik secara *real-time*. Hasil dari penelitian ini Ketika panel surya menghadap ke timur rata-rata selisih nilai ADC sensor 60,35, menghadap tegak lurus rata-rata selisih ADC sensor 0,3 dan menghadap ke barat lurus rata-rata selisih ADC sensor 85,35.

Penelitian tugas akhir ini akan melengkapi dari kekurangan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Kelebihan dari penelitian atau alat “*Monitoring Solar Cell Tracking System menggunakan Website*” yaitu *solar cell tracking system* yang dapat mengikuti pergerakan matahari menggunakan 4 sensor LDR, dan dapat menyerap energi sinar matahari secara maksimal. Sistem *monitoring* jarak jauh yaitu monitoring arus, tegangan, suhu/kelembaban, intensitas cahaya dan posisi panel surya secara *real time* yang dapat dilihat di *website*. Sistem *monitoring* dapat dipublikasi dalam bentuk *browser*. Selain itu, adanya sistem kontrol relay sebagai saklar dari lampu atau stop kontak dan adanya alarm *buzzer* jika baterai penuh sampai 12.8 V ditadain dengan LED hijau dan *buzzer* dan

jika baterai mengalami pengurangan daya sampai 10.8 V maka LED merah akan menyala dengan *buzzer*.

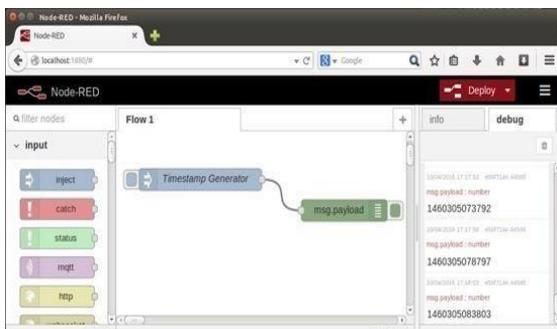
2.2 Sistem Monitoring

Sistem *Monitoring* adalah sebuah mekanisme atau alat yang digunakan untuk mengawasi, mengamati, dan mengevaluasi kinerja alat, kondisi, atau status dari suatu sistem, jaringan, perangkat, atau aplikasi secara terus-menerus. Sistem ini mengumpulkan data dan memberikan informasi secara *real-time* yang memungkinkan pengguna untuk mendeteksi masalah, menganalisis kinerja alat, dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk memastikan alat bekerja secara maksimal dan mencegah kegagalan atau *downtime* [9].

Berikut beberapa sistem *monitoring* yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

2.2.1 Node-Red

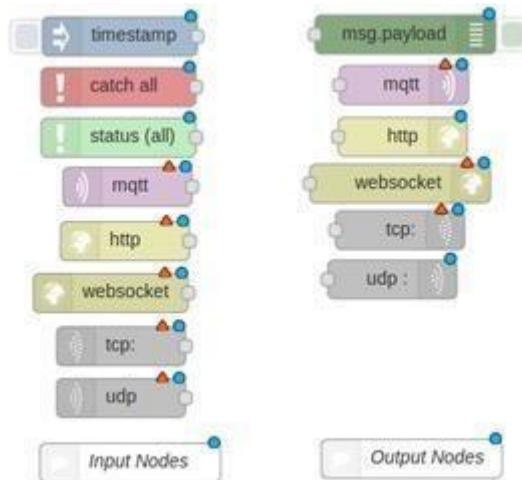
Node-Red adalah sebuah *tool* berbasis *browser* untuk membuat aplikasi *Internet of Things* (IoT) yang mana lingkungan pemrograman visualnya mempermudah penggunaannya untuk membuat aplikasi sebagai “*flow*”. *Flow* ini terbentuk dari *node-node* yang saling berhubungan di mana tiap *node* melakukan tugas tertentu [15]. Walaupun Node-Red didesain untuk *Internet of Things* (IoT), ia juga dapat digunakan untuk keperluan umum dan untuk berbagai macam jenis aplikasi. Alasan mengapa dinamakan “*Node*” adalah karena alat ini diimplementasikan sebagai aplikasi *node* tetapi dari sudut pandang konsumen yang benar hanya detail dari implementasi internal [2]. Berikut gambaran contoh *flow* Node-Red yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Contoh *Flow* di dalam lingkungan pengembangan Node-Red [14]

Flow ini terbentuk dari *node-node* yang saling berhubungan di mana tiap *node* melakukan tugas tertentu (lihat Gambar 2.2). Walaupun Node-Red didesain untuk *Internet of Things (IoT)*, ia juga dapat digunakan untuk keperluan umum dan untuk berbagai macam jenis aplikasi. Node-Red menyediakan berbagai jenis *node* yang dapat membuat membuat developer langsung menjadi produktif, seperti:

1. Menampilkan *input node* dan *output node* yang mana mengizinkan subskripsi dan tanda terima dari topik *MQ Telemetry Transport (MQTT)* dan keluaran dari topik MQTT ke sebuah *broker*.
2. Mengembangkan layanan *web* melalui permintaan HTTP (beserta pembuatan balasan HTTP) dan TCP level rendah dah layanan *User Datagram Protocol* yang dapat membuat *server*, menerima *input*, dan menghasilkan *output*. Adapun gambaran contoh *input* dan *output node* di Node-Red yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.

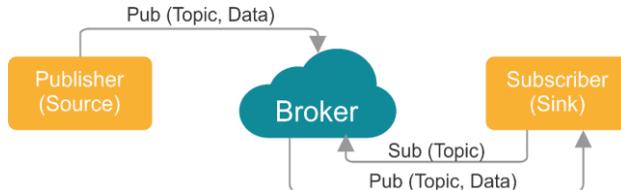


Gambar 2. 2 *Input* dan *Output Node* di Node [14]

2.2.2 MQTT

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) merupakan protokol *transport* dengan sifat *clientserverpublish/subscribe*. MQTT merupakan protokol *transport* dengan karakteristik sederhana, terbuka dan ringan yang dirancang agar mudah diimplementasikan. Sehingga MQTT dapat digunakan di banyak situasi, termasuk penggunaannya dalam

komunikasi *machine-to-machine* (M2M) dan *Internet of Things* (IoT) [14]. Protokol MQTT berjalan dengan menggunakan TCP/IP. Sehingga protokol ini membutuhkan transportasi guna menjalankan perintah MQTT, *bytestream* dari *client to server* atau *server to client*. Berikut gambaran bagaimana protokol MQTT bekerja dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 MQTT Real Protocol [14]

Keterangan :

1. *Topic* (UTF-8) merupakan kanal untuk melakukan *subscribe* (*clien*) yang juga berfungsi sebagai *filter* untuk *broker* dalam mengirimkan pesan ke setiap klien.
2. *Broker* (*cloud*) berfungsi untuk menangani *publish* dan *subscribe* data agar sumber pengirim data (*publisher*) dan penerima data (*clien*) tidak saling mengetahui (*space decoupling*).

Pada Gambar 2.3 terdapat dua tipe klien yaitu *publisher* dan *subscriber* yang mana kedua klien tersebut dapat saling terhubung dengan sebuah *topic* tertentu melalui *broker* [14].

2.3 Panel Surya

Pada pembuatan *solar cell tracking system* ini menggunakan panel surya 100WP (*wattpeak*) jenis *polycrystalline*. Panel surya adalah teknologi yang dirancang untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaiik. Panel surya terdiri dari banyak sel *fotovoltaiik* yang terbuat dari bahan semikonduktor, seperti *silikon*, yang mampu menghasilkan arus listrik saat terkena cahaya matahari. Pada alat ini panel surya digunakan sebagai komponen utama untuk menguji dan mengevaluasi efektifitas sistem *Tracking* yang dirancang untuk mengoptimalkan posisi panel surya agar selalu menghadap matahari [2.]. Panel surya dapat dilihat pada Gambar 2.4, sedangkan spesifikasi rinci terkait panel surya dapat dilihat pada Tabel 2.1.



Gambar 2. 4 Panel Surya [2]

Tabel 2. 1 Spesifikasi Panel Surya

Spesifikasi	Keterangan
<i>Ratec Max Power</i>	100 Watt
<i>Power Tolerance</i>	0 -+ 5 W
<i>Max Power Voltage (VmP)</i>	18.05 V
<i>Max Power Current (ImP)</i>	5.54 A
<i>Short Circuit Voltage (Voc)</i>	21.90 V
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	5.92 A
<i>Cell Effiercy</i>	17.2 %
<i>Junction Box</i>	IP 65
<i>Max System Voltage</i>	1000 V
<i>Max Series Fuse Ranting</i>	10 A
<i>Aplication Class</i>	Grace A

2.4 SCC (Solar Charge Controller)

SCC (*Solar Charge Controller*) adalah sebagai alat kontrol pengisian dan pengeluaran arus listrik pada baterai. SCC (*Solar Charge Controller*) untuk mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya. Kelebihan tegangan dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Panel surya 100 watt umumnya memiliki tegangan *output* 18 – 20 Volt. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt. Jadi tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh *over-charging* dan ketidakstabilan tegangan. Pada

alat ini SCC (*Solar Charge Controller*) digunakan untuk mengatur tegangan yang masuk dari panel surya ke baterai [10]. SCC (*Solar Charge Controller*) dapat dilihat pada Gambar 2.5, sedangkan spesifikasi rinci terkait SCC (*Solar Charge Controller*) dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Gambar 2. 5 SCC (*Solar Charge Controller*) [10]

Tabel 2. 2 Spesifikasi SCC (*Solar Charge Controller*)

Spesifikasi	Keterangan
Beban <i>max</i>	10 <i>Ampere</i>
Beban <i>max input</i>	42 Volt
<i>Float Charge</i>	13,8 Volt
<i>Rated voltage</i>	12 Volt
<i>Charge reconnect</i>	13 Volt
<i>Equalization voltage</i>	14.2 Volt (PMW)
<i>USB port voltage</i>	5 Volt DC
<i>USB port current</i>	3 <i>Ampere</i>
Berat	7.7 Kg

2.5 Baterai/aki

Baterai/aki berdasarkan SNI 8395:2017 adalah alat yang terdiri dari satu atau lebih sel dimana energi kimia diubah menjadi energi listrik dan digunakan sebagai penyimpan energi listrik. Tanpa baterai maka energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari saja karena tidak ada alat penyimpan energinya. Pada alat ini baterai/aki digunakan untuk menyimpan energi dari panel surya [4]. Baterai/Aki dapat dilihat pada Gambar 2.6, sedangkan spesifikasi rinci terkait Baterai/Aki dapat dilihat pada Tabel 2.3.



Gambar 2. 6 Baterai/Aki [4]

Tabel 2. 3 Spesifikasi Baterai/Aki

Spesifikasi	Keterangan
Model	SMT 6-DZF-12
Tegangan Nominal	12 V
Kapasitas Nominal	12AH
Tingkat <i>Discharge</i>	2HR
Penggunaan Siklus (<i>Cycle Use</i>)	14.5V - 14.9V
Penggunaan Siaga (<i>Standby Use</i>)	13.6V - 13.8V
Arus Awal (<i>Initial Current</i>)	kurang dari 3.6A

2.6 *Inverter*

Inverter digunakan untuk mengubah arus searah (*Direct Current*) menjadi arus bolak-balik (*Alternating Current*). *Inverter* yang digunakan yaitu 500 watt. Tanpa alat ini arus searah yang dihasilkan oleh modul surya tidak akan dapat digunakan secara langsung oleh alat-alat elektronika yang umumnya membutuhkan arus bolak-balik sebagai pasokan daya utamanya. Pada alat ini inverter digunakan sebagai pengubah arus DC-AC yang gunanya untuk ouput berupa lampu LED dan stop kontak [19]. *Inverter* dapat dilihat pada Gambar 2.7, sedangkan spesifikasi rinci terkait *Inverter* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Gambar 2. 7 *Inverter* [13]**Tabel 2. 4 Spesifikasi *Inverter***

Spesifikasi	Keterangan
Model	Mitsuyama
Daya Maksimum (<i>Output Power</i>)	500 Watt

Tegangan <i>Input</i> (DC <i>Input Voltage</i>)	12V DC atau 24V DC
Tegangan <i>Output</i> (AC <i>Output Voltage</i>)	220V AC \pm 10%
Frekuensi <i>Output</i>	50Hz atau 60Hz \pm 2Hz

2.7 NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan sebuah *platform* IoT yang bersifat *open source*. Dengan *hardware System On Chip* ESP8266, NodeMCU yang menggunakan Bahasa pemrograman *scripting* Lua NodeMCU, namun dapat juga menggunakan arduino IDE untuk pemogramannya. ESP8266 berfungsi untuk konektivitas jaringan *Wifi* antara mikrokontroler itu sendiri dengan jaringan *Wifi* [2]. NodeMCU ESP8266 dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 NodeMCU ESP8266

2.8 Arduino Mega2560

Arduino Mega2560 adalah sebuah *board* minimum sistem mikrokontroler yang bersifat *open source*. Arduino Mega2560 berfungsi sebagai *board* mikrokontroler yang dikhususkan untuk berkomunikasi dengan *smartphone android* via komunikasi USB (*Universal Serial Bus*). Arduino mega 2560 cocok untuk proyek kompleks yang memerlukan banyak *input/output* dan kapasitas memori lebih besar. Pada alat ini arduino mega 2560 digunakan sebagai kontroler utama [1]. Arduino Mega2560 dapat dilihat pada Gambar 2.9, sedangkan spesifikasi rinci terkait *Inverter* dapat dilihat pada Tabel 2.5.



Gambar 2. 9 Arduino Mega2560

Tabel 2. 5 Spesifikasi Arduino Mega2560

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	Atmega 2560
Tegangan Operasional	5V
Tegangan <i>Input</i>	7-12 V
Tegangan <i>Input (limit)</i>	6-20 V
Pin Digital I/O	54 (<i>of which 15 provide PWM output</i>)
Pin Analog <i>Input</i>	16
Arus DC per Pin I/O	20 Ma
Arus DC Pin 3.3V	50 mA
Memori <i>Flash</i>	256 KB <i>of which 8 KB used by bootloader</i>
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
LED BUILTIN	13
USB <i>Host Chip</i>	MAX3421E
Panjang	101.52 mm
Lebar	53.3 mm
Berat	37 gram

2.9 Sensor LDR

Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya. LDR adalah resistor yang nilai resistansinya berubah sesuai dengan tingkat cahaya yang jatuh pada permukaannya: resistansi tinggi dalam gelap dan resistansi rendah dalam cahaya terang. Pada alat ini modul sensor LDR digunakan untuk mendeteksi sinar cahaya matahari [6]. Sensor LDR dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Sensor LDR [6]

2.10 Sensor INA3221

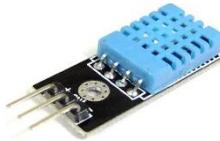
Sensor INA3221 adalah sensor pemantau tegangan dan arus dari Texas Instruments yang dapat digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada tiga saluran (*channel*) berbeda secara bersamaan. Sensor INA3221 pada alat ini digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada panel surya, SCC (*Solar Charging Controller*) dan baterai/aki [12]. Sensor INA3221 dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Sensor INA3221 [17]

2.11 Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk mengukur kelembaban relatif (RH%) di lingkungan sekitarnya. Kelembaban relatif merupakan ukuran dari jumlah uap air yang hadir dalam udara dibandingkan dengan jumlah maksimum uap air yang udara tersebut dapat simpan pada suhu tertentu [7]. Sensor DHT11 dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Sensor DHT11 [11]

Pada Persamaan 1 tentang Kelembaban relatif (RH) dapat dilihat dan dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$\text{Persamaan 1} \quad : \quad RH = \left(\frac{\rho_w}{\rho_s} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

1. RH adalah kelembaban relatif (dalam *persentase* %)
2. ρ_w adalah kepadatan uap air pada suhu
3. ρ_s adalah kepadatan uap air pada titik jenuh pada suhu

Sementara itu, untuk mengukur suhu, menggunakan sebuah *thermistor*, yang merupakan semikonduktor dengan resistansi yang

berubah-ubah tergantung pada suhu lingkungan. Salah satu rangkaian dasar yang digunakan untuk membaca suhu menggunakan thermistor adalah *voltage divider*. Dalam rangkaian ini, Arduino atau mikrokontroler lainnya akan mengukur tegangan pada titik antara thermistor dan resistor yang diketahui. Pada Persamaan 2 untuk *voltage divider* dapat dilihat dan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persamaan 2} \quad : \quad V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Keterangan :

1. V_{out} adalah tegangan keluaran yang diukur oleh Arduino
2. V_{in} adalah tegangan *input* yang diberikan ke rangkaian (biasanya tegangan referensi Arduino)
3. R_1 adalah resistansi resistor
4. R_2 adalah resistansi *thermistor*

Dengan mengetahui resistansi thermistor R_2 , kita dapat menggunakannya dalam Persamaan 3 tentang [Steinhart-Hart](#) untuk mengonversi resistansi *thermistor* menjadi pembacaan suhu dalam kelvin dapat dilihat dan dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$\text{Persamaan 3} \quad : \quad T_{Kelvin} = \frac{1}{A + B \times \ln(R_2) + C \times (\ln(R_2))^3}$$

Setelah itu, Persamaan 4 pada suhu dalam kelvin dapat dikonversi menjadi derajat *Celsius* dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$\text{Persamaan 4} \quad : \quad T_{Celsius} = T_{Kelvin} - 273.15$$

Dengan menggunakan rumus-rumus ini, kita dapat mengukur suhu dan kelembaban relatif dengan akurat menggunakan sensor DHT11 dan *thermistor*, serta mengubah pembacaan suhu dari kelvin ke derajat *Celsius* untuk kemudahan pemahaman.

2.12 Motor Servo

Motor Servo merupakan sebuah motor DC kecil yang diberi sistem *gear* dan *potensiometer*, sehingga dapat menempatkan *Horn* servo pada posisi yang diinginkan. Motor Servo prinsipnya mempunyai sistem *close loop*, di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian *control* yang ada di dalam motor servo. Pada alat ini motor servo digunakan sebagai penggerak *system tracking* panel surya dengan menggunakan 2 buah motor servo [5]. Motor Servo dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Motor Servo [5]

2.13 Modul Relay 4 Channel

Relay merupakan saklar yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan *kontaktor* mengubah posisi ON ke OFF atau sebaliknya dengan memanfaatkan tenaga listrik. *relay* yang di sandingkan dengan arduino digunakan sebagai saklar elektrik. Dimana ia akan bekerja secara otomatis berdasarkan perintah logika yang diberikan [19]. Modul *Relay 4 Channel* dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Modul Relay 4 Channel [19]

2.14 LCD 16 x 4

LCD (*Liquid Cristal Display*) merupakan suatu modul yang digunakan sebagai monitor pada arduino. LCD digunakan untuk menampilkan parameter arus, tegangan dan suhu/kelembaban [5]. LCD 16x4 dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 15 LCD 16x4 [5]

2.15 Modul Voltage Regulator

Modul *Voltage Regulator* berfungsi pengecil daya dari 12V menjadi 5V yang masuk dari *power supply*. Memiliki arus beban maksimal 3 *Ampere* serta sangat *efisien* untuk aplikasi yang memerlukan

pengubah daya, karena mampu menurunkan tegangan *input* dari 4,5-28 V menjadi tegangan yang dapat diregulasi berkisar antara 0,8-20 V [2]. Modul *Voltage Regulator* dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Modul *Voltage Regulator* [2]

2.16 *Buzzer*

Buzzer digunakan sebagai notifikasi terbentuknya suara apabila kedua sensor menerima input yang telah diproses pada mikrokontroler arduino uno. Pada alat ini *Buzzer* digunakan untuk memberi notifikasi berupa suara apabila baterai aki dalam kondisi *high* dan *low* baterai/aki [7]. *Buzzer* dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 17 Buzzer [7]

2.17 LED (Merah dan Hijau)

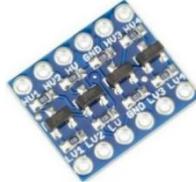
LED adalah semikonduktor elektronik yang menghasilkan cahaya ketika arus listrik melewatinya. Cahaya yang dihasilkan oleh LED berasal dari fenomena radiasi *elektroluminesensi* dalam semikonduktor. Pada alat ini LED digunakan sebagai simbol *alarm* bagi baterai/aki dalam kondisi *high* LED hijau akan menyala dan kondisi *low* LED merah akan menyala [10]. LED (Merah dan Hijau) dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2. 18 LED (Merah & Hijau) [10]

2.18 *Logic Level Shifter*

Logic level shifter adalah komponen elektronik yang digunakan untuk mengonversi sinyal logika dari satu tegangan ke tegangan lain. Alat ini sangat berguna ketika menghubungkan perangkat yang beroperasi pada tegangan logika yang berbeda, seperti 3.3V dan 5V. **Konversi Tegangan yaitu** mengubah sinyal logika dari level tegangan rendah ke tinggi, atau sebaliknya, sehingga perangkat dengan tegangan operasi berbeda dapat berkomunikasi dengan benar tanpa risiko kerusakan [1]. *Logic level shifter* dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2. 19 *Logic Level Shifter* [1]

2.19 **Resistor**

Resistor adalah untuk mengatur arus yang mengalir melalui LED. Kegunaan utama dari resistor ini adalah untuk mencegah LED dari kerusakan akibat arus yang berlebihan. LED memiliki batas arus maksimum yang dapat mengalir melaluinya, biasanya sekitar 20 mA (*miliampere*) untuk LED standar. Jika arus yang mengalir melebihi batas ini, LED bisa rusak atau umur pakainya berkurang secara signifikan [9]. Resistor dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2. 20 Resistor

2.20 MCB DC

MCB DC (*Miniature Circuit Breaker Direct Current*) adalah jenis perangkat proteksi listrik yang digunakan dalam sistem listrik searah (DC). MCB berfungsi untuk melindungi sirkuit listrik dari arus lebih yang berlebihan yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan atau bahkan kebakaran [13]. MCB DC (*Miniature Circuit Breaker Direct Current*) dapat dilihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2. 21 MCB DC [13]

2.21 MCB AC

MCB AC adalah komponen penting dalam sistem listrik bolak-balik yang memberikan proteksi terhadap arus berlebih dan memastikan keamanan dan keandalan operasi sistem listrik. Dengan reaksi cepat dan kemampuan resettable, MCB AC membantu mencegah kerusakan pada peralatan dan infrastruktur listrik [13]. MCB AC dapat dilihat pada Gambar 2.22.



Gambar 2. 22 MCB AC [13]

2.22 Lampu LED

Lampu LED (*Light Emitting Diode*) adalah jenis lampu yang menggunakan teknologi semikonduktor untuk menghasilkan cahaya. Lampu LED yang digunakan memiliki daya *output* sebesar 5 watt dan sebagai *ouput* beban dari *solar cell tracking system* ini [20]. Lmpu LED dapat dilihat pada Gambar 2.23.



Gambar 2. 23 Lampu LED [3]

2.23 *Fitting* Lampu

Fitting lampu, atau *socket* lampu, adalah bagian dari perangkat listrik yang digunakan untuk menghubungkan lampu ke sumber daya listrik. Ini terdiri dari *base* atau pangkal yang menempel pada lampu, kontak listrik untuk mengalirkan listrik ke lampu, lubang atau slot untuk memasang lampu, dan terminal atau kabel *connector* untuk menghubungkan *fitting* lampu ke kabel listrik [3]. *Fitting* Lampu dapat dilihat pada Gambar 2.24.



Gambar 2. 24 *Fitting* Lampu [3]

2.24 Stop Kontak

Stop kontak adalah perangkat listrik yang digunakan untuk menghubungkan peralatan atau perangkat listrik ke sumber daya listrik.. Setiap lubang di stop kontak biasanya memiliki kontak listrik yang berfungsi sebagai titik koneksi untuk mengalirkan listrik dari sumber daya ke peralatan yang terhubung. Stop kontak ini digunakan untuk *output* dari *solar cell tracking system* yang daya *output*-nya maksimal hanya 80 watt saja [3]. Stop Kontak dapat dilihat pada Gambar 2.25.



Gambar 2. 25 Stop Kontak [3]

~Halaman ini sengaja dikosongkan~